

Ежегодно более 26 000 человек в Европе получают трансплантацию гемопоэтических стволовых клеток. Вот виды лейкемии и лимфомы, которые в настоящее время можно лечить с помощью трансплантата: острый миелоидный лейкоз, острый лимфобластный лейкоз, хронический миелолейкоз, хронический лимфобластный лейкоз, ювенильный миеломоноцитарный лейкоз, лимфома Ходжкина, Неходжкинская лимфома.

Трансплантация костного мозга является примером использования стволовых клеток в лечении различных видов лейкемии. Исследования в этой области продолжаются, чтобы определить, могут ли стволовые клетки могут быть использованы для лечения некоторых неизлечимых заболеваний, таких как болезни сердца, болезнь Паркинсона, диабет и травмы спинного мозга.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. (Wikipedia) // Stem cells history (дата обращения 18.03.2021).
2. (Healthline, 2016) // Stem cells research (дата обращения 20.03.2021).
3. (Medicinet, 2020) // Stem cells (дата обращения 22.03.2021).
4. // (ويب طب) تعرف على الخلايا الجذعية ودورها في علاج الأمراض (дата обращения 22.03.2021).

Ван Нана (Китай)  
Папина Ю.В. (Россия)

Томский политехнический университет, г.Томск  
Центральный национальный университет (г. Таюань, Тайвань)

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,  
к.т.н., доцент

### ВЛИЯНИЕ pH И АМИНОКИСЛОТ НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ $\text{TiO}_2$

#### Введение

Наночастицы  $\text{TiO}_2$  широко используются в коммерческих применениях, в том числе как косметические добавки, экологические катализаторы, солнечные элементы, запоминающие устройства и пищевые красители [1, 2]. В процессе производства, исследования и применения, наночастицы могут выделяться в водные среды [3] и взаимодействовать с живыми организмами [4] и растениями [5]. Благодаря высокой

фотокаталитической активности наночастицы  $\text{TiO}_2$  также представляют угрозу для обитателей гидросферы [1, 4, 6, 7].

Аминокислоты являются наименьшими составными единицами и важными компонентами белков, формирующих ткани и органы, а также встречаются в свободном виде в почвах [8]. Поскольку аминокислоты очень важные компоненты экосистем, изучение взаимодействия с ними является важной задачей для понимания, как наночастицы могут влиять на белки и как белки и среда может менять свойства наночастиц при их попадании в окружающую среду.

Поэтому изучение взаимодействия агрегацию наночастиц диоксида титана в растворе. И целью работы являлось изучение влияния pH на агрегацию наночастиц  $\text{TiO}_2$ .

### **Экспериментальная часть**

Объекты исследования явились наночастицы  $\text{TiO}_2$ , которые были произведены компанией Nanostructured and Amorphous Materials Inc. (США). Частицы имеют сферическую морфологию, а средний размер составляет 25 нм. В эксперименте использовались низкомолекулярные алифатические  $\alpha$ -аминокислоты, имеющие разный характер боковых цепей (функциональных групп):

- кислотный – глутаминовая кислота (Glu),
- нейтральный – глицин (Gly),
- основной – лизин (Lys).

Суспензии и растворы готовили на основе дистиллированной воды с  $\text{pH}=6.5\pm 0.3$  (дистиллятор GFL-2004, Gesellschaft Labortechnik mbH, Germany). Навески веществ и наночастиц брали с помощью аналитических весов GR-202 (A&D Co Ltd., Japan,  $\pm 0.0001$  г). Значение pH контролировали с помощью pH-метра pH-150МИ (Измерительная техника, Россия). Для титрования использовали 0,1 М растворы NaOH и  $\text{HNO}_3$ . Для перемешивания и титрования растворов и суспензий применяли магнитную мешалку MR Hei-Tec (Heidolph Instruments GmbH & Co, Германия) при частоте 300 об/мин. Все растворы и суспензии готовили и хранили при  $25\pm 2^\circ\text{C}$ . Для приготовления суспензии сухую навеску аминокислоты смешивали с 0.05 г наночастиц с молярным содержанием «наночастицы: аминокислота = 2:1». Концентрация наночастиц в суспензии составляла 1000 мг/л. Смесь веществ перемешивали в пластиковом 50 мл контейнере гомогенизатора Ultra-Turrax Tube Drive (IKA, Germany) с шариками из стекла (диаметр 5 мм) встряхиванием при мощности 5 ед. (speed of 3300 rpm) в течение 3 мин. Далее к смеси добавляли по 50 мл дистиллированной воды с заданным pH и перемешивали в течение 1 мин. Полученные суспензии доводили до  $\text{pH}=3\ldots 7\ldots 11$  с помощью 1М

NaOH или HNO<sub>3</sub> титрованием при перемешивании с последующей обработкой с помощью УЗ-гомогенизатора UIP1000hd (Transducer, Germany, 1000 Вт, 20 кГц) в течение 15 мин, и декантировали в течении 24 ч. Аликвоту для анализа отбирали с верхней трети объема суспензии. Эксперимент с приготовлением растворов и суспензий повторяли два раза в разные дни.

Дисперсионные (распределение частиц по размерам) свойства наночастиц исследовали с помощью метода динамического рассеяния света (ДРС). Измерения проводили с помощью анализатора частиц Zetasizer Nano (Malvern, США) при 25° С. Прибор оснащен He-Ne-лазером мощностью 4 мВт с длиной волны 633 нм. Измерения проводили в углу обнаружения 173°, позиции в кювете автоматически определялись программным обеспечением. Для измерений 1 мл суспензии помещали в многоразовую кювету (определение размеров). Измерения проводили не менее трех раз.

### Результаты и обсуждение

В работе установлено, что распределение частиц TiO<sub>2</sub> по размерам по в суспензиях после добавления аминокислот имеет преимущественно мономодальный характер, и это не зависит от pH среды и состава аминокислоты. Однако, для всех растворов при увеличении pH распределение меняется: модальный размер при отклонении от нейтральной pH уменьшается. Например, в Glut-растворе при pH 3...7...11 модальный размер составляет 220...396...190 нм (рис.1). Похожие тенденции характерны и для других суспензий.

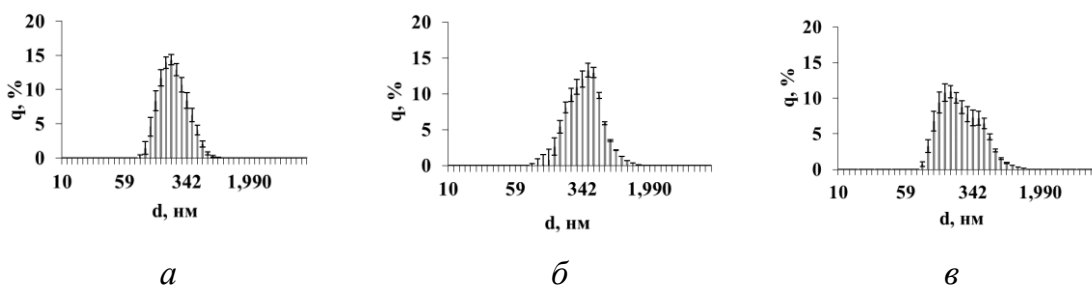


Рисунок 1. Распределение частиц TiO<sub>2</sub> по размерам в растворе Glut при pH=3 (а), pH=7 (б) и pH=11 (в)

На рис.2 представлены распределения частиц по размерам при pH=7 в зависимости от природы аминокислоты. Видно, что в воде для частиц TiO<sub>2</sub> характерно бимодальное распределение (рис.2а): две фракции с модальными размерами 122 и 1718 нм. При добавлении кислот вторая фракция крупных частиц исчезает. Так, в растворах присутствует

только 1 фракция с размерами 396, 459 и 459 нм, соответственно, при добавлении Glut (рис.2б), Gly (рис.2в) и Lys (рис.2г).

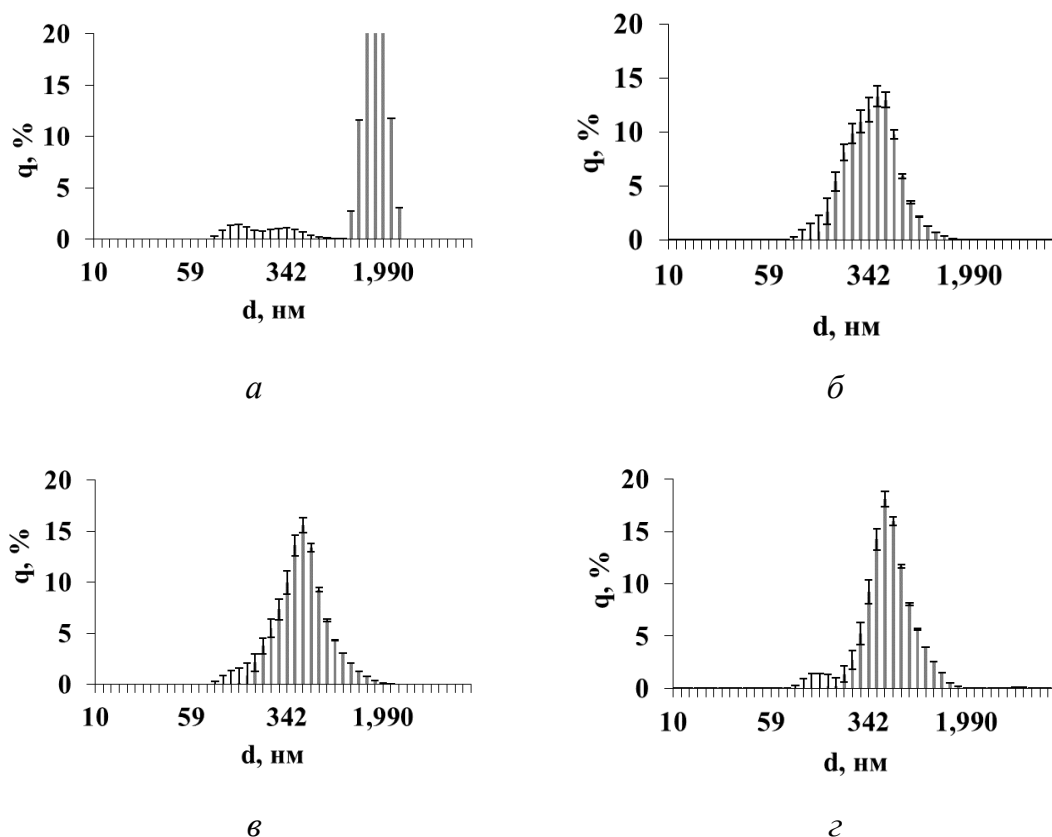


Рисунок 2. Распределение частиц  $TiO_2$  по размерам при  $pH=7$  в воде (а), в Glut (б), Gly (в) и Lys (г)

Результаты расчета среднего размера показали, что добавление аминокислот мало влияет на дисперсионные свойства частиц в агрессивных средах. Например, в растворе Glut при  $pH=3$  величина  $d_{ср}$  составляет 251 нм в сравнении с 132 нм в воде (рис.3). Или в растворе Gly средний размер наночастиц  $TiO_2$  при  $pH=11$  составляет 245 нм в сравнении с 154 нм в воде (рис.3).

Очевидно, что наибольшее влияние на агрегацию наночастиц  $TiO_2$  наблюдается в растворах с  $pH$ , близкой к нейтральной. После добавления всех выбранных аминокислот степень агрегации наночастиц  $TiO_2$  значительно уменьшается по сравнению с водой: при  $pH=7$  средний размер частиц в аминокислотах составляет в среднем 493 нм по сравнению с 1756 нм в воде.

Также в экспериментах показано, что природа аминокислоты оказывает большое влияние на коллоидные свойства наночастиц. Установлено, что чем выше кислотность аминокислоты, тем меньше степень аг-

рекации наночастиц. Так, в ряду аминокислот Glut...Gly...Lys величина  $d_{ср}$  составляет 435, 380 и 374 нм, соответственно (рис.3).

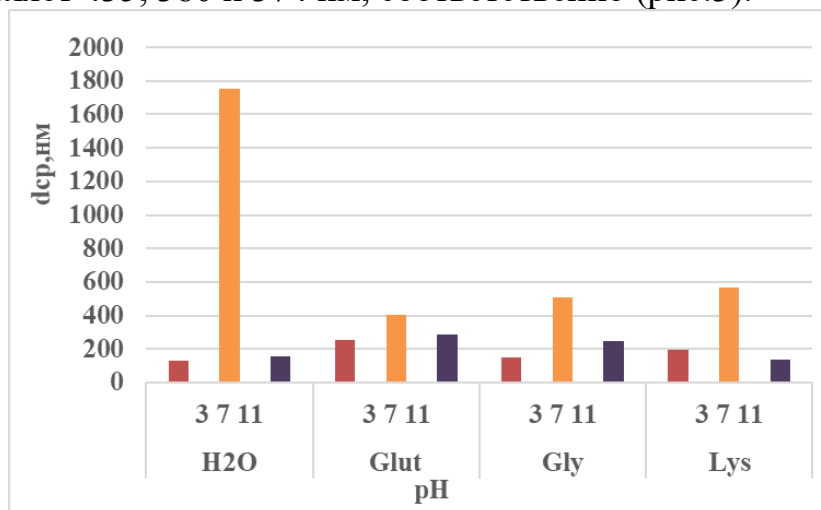


Рисунок 3. Средний размер наночастиц TiO<sub>2</sub> в растворах аминокислот с разными значениями pH

### Заключение

С применением промышленных наночастиц TiO<sub>2</sub> со средним размером 25 нм показано влияние природы аминокислоты и pH на дисперсионные свойства частиц в водной суспензии. Установлено, что добавление аминокислот мало влияет на дисперсионные свойства частиц в агрессивных средах: размер после добавления кислот мало меняется при pH=3 и немного увеличивается при pH=11. Однако, при pH=7 средний размер частиц уменьшается в 3 раза. Показано, что в ряду аминокислот Glut...Gly...Lys средний размер агрегатов увеличивается и составляет 435, 380 и 374 нм, соответственно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baker T.J., Tyler C.R., Galloway T.S. Impacts of metal and metal oxide nanoparticles on marine organisms // Environmental Pollution. – 2014. – Vol.186. – P.257-271.
2. Faure B., Salazar-Alvarez G., Ahniyaz A., Villaluenga I., Berriozabal G., De Miguel Y.R., Bergstrom L. Dispersion and surface functionalization of oxide nanoparticles for transparent photocatalytic and UV-protecting coatings and sunscreens // Science and Technology of Advanced Materials. –2013. – Vol.14. – P.1-23.
3. Keller A.A., McFerran S., Lazareva A., Suh S. Global life cycle releases of engineered nanomaterials // Journal of Nanoparticle Research. –2013. – Vol. 15. – P.1-17.

4. Therezien M., Thill A., Wiesner M.R. Importance of heterogeneous aggregation for NP fate in natural and engineered systems // *Science of The Total Environment*. –2014. – Vol. 485–486. – P.309-318.
5. Xinyi W., Jing H., Fan W., Xinyu Z., Bin W., Yu Y., Guofeng S., Junfeng L., Shu T., Xilong W. Application of TiO<sub>2</sub> nanoparticles to reduce bioaccumulation of arsenic in rice seedlings (*Oryza sativa* L.): A mechanistic study // *Journal of Hazardous Materials*. – 2021. – Vol.405. – P.0304-3094
6. Farre M., Gajda-Schranz K., Kantiani L., Barcelo D. Ecotoxicity and analysis of nanomaterials in the aquatic environment // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. –2009. – Vol.393. – P.81-95.
7. Kiser M., Westerhoff P., Benn T., Wang Y., Perez-Rivera J., Hristovski K. Titanium nanomaterial removal and release from wastewater treatment plants // *Environmental Science and Technology*. –2009. – Vol. 43. – P.6757-6763.
8. Vranova V., Rejsek K., Skene K.R., Formanek P. Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions // *Plant Soil*. – 2011. – Vol.342. – P.31-48

Гао Аоцзе (Китай)

Томский политехнический университет, Томск

Научный руководитель: Мирошниченко Юлия Юрьевна,  
к. х. н, доцент

### **ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЛГОРИТМА ВЫПОЛНЕНИЯ ОФЛАЙН ЭКСПЕРИМЕНТА**

Учебный процесс в этом году для иностранных студентов организован в дистанционном формате. Для проведения практических и лекционных занятий по химии преподаватели применяют платформу Zoom, а для выполнения лабораторных работ используют виртуальный лабораторный комплекс, размещенный в электронном курсе. Виртуальный комплекс по общей и неорганической химии разработан сотрудниками ОЕН ШБИП доцентом Князевой Е.М. и профессором Коршуновым А.В. [1]. Он состоит из 12 лабораторных работ, каждая работа имеет теоретическую и практическую части. В теоретической части представлен материал по теме лабораторной работы, описан метод, цель работы и порядок ее выполнения. В практической части в рабочей области стола